



JRW

Practitioner's Docket No.: 061069-0309334
Client Reference No.: SPO-2584

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: TAKAHIRO AMANAI Confirmation No: 4519

Application No.: 10/828,415

Group No.: 2873

Filed: April 21, 2004

Examiner:

For: IMAGE FORMING OPTICAL SYSTEM AND ELECTRONIC INSTRUMENT
USING THE SAME

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

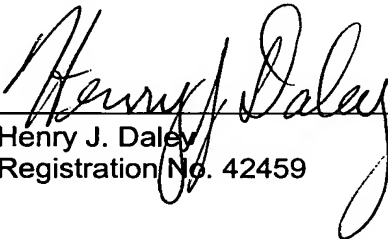
SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Attached please find the certified copy of the foreign application from which priority is claimed for this case:

<u>Country</u>	<u>Application Number</u>	<u>Filing Date</u>
JAPAN	2004-111986	04/6/2004

NOTE: This is the second Priority Document. The first Priority Document, JP 2003-116941, was filed with the application on April 21, 2004.

Date: November 23, 2004
PILLSBURY WINTHROP LLP
P.O. Box 10500
McLean, VA 22102
Telephone: (703) 905-2000
Facsimile: (703) 905-2500
Customer Number: 00909


Henry J. Daley
Registration No. 42459

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 4 月 6 日
Date of Application:

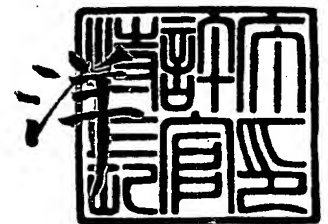
出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 1 1 1 9 8 6
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 4 - 1 1 1 9 8 6]

願 人 オ リ ン パ ス 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 4 年 1 0 月 2 1 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 4 - 3 0 9 5 3 7 6

BEST AVAILABLE COPY

(Translation)

JAPAN PATENT OFFICE

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this office.

Date of Application: April 6, 2004

Application Number: Patent Application No. 2004-111986

Applicant(s): OLYMPUS CORPORATION

October 21, 2004

Commissioner,

Japan Patent Office

Hiroshi OGAWA (seal)

Certificate No. 2004-3095376

[Name of Document] Patent Application
[Reference Number] 04P00552
[Filing Date] April 6, 2004
[Addressee] Commissioner, Patent Office
[Int.Pat. Classification] G02B 13/00
[Inventor]
 [Domicile or Dwelling] c/o OLYMPUS CORPORATION
 43-2, Hatagaya 2-chome, Shibuya-ku, Tokyo
 [Name] Takahiro AMANAI
[Patent Applicant]
 [Identification Number] 000000376
 [Name] OLYMPUS CORPORATION
 [Representative] Tsuyoshi KIKUKAWA
[Agent]
 [Identification Number] 100065824
 [Name] Taiji SHINOHARA
[Nominated Agent]
 [Identification Number] 100104983
 [Name] Masayuki FUJINAKA
[Priority Claim Based on Antecedent Application]
 [Application Number] 2003-116941
 [Date of Application] April 22, 2003
[Indication of Fee]
 [Prepayment Register Number] 017938
 [Prepaid Sum] ¥16,000
[List of Submitted Articles]
 [Name of Article] Claimed Scope for patent 1
 [Name of Article] Specification 1
 [Name of Article] Drawings 1
 [Name of Article] Abstract 1
 [Number of General Power of Attorney] 0116478

【書類名】 特許願
【整理番号】 04P00552
【提出日】 平成16年 4月 6日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 13/00
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内
 【氏名】 天内 隆裕
【特許出願人】
 【識別番号】 0000000376
 【氏名又は名称】 オリンパス株式会社
 【代表者】 菊川 剛
【代理人】
 【識別番号】 100065824
 【氏名又は名称】 篠原 泰司
【選任した代理人】
 【識別番号】 100104983
 【氏名又は名称】 藤中 雅之
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003-116941
 【出願日】 平成15年 4月22日
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 017938
 【納付金額】 16,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0116478

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

明るさ絞りを有する光学系において、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ、物体側に凹面を向けた負屈折力の第2レンズ、像側に凸面を向けた正屈折力の第3レンズ、負屈折力の第4レンズが配置され、前記第2レンズと前記第3レンズは接合されていることを特徴とする結像光学系。

【請求項 2】

前記明るさ絞りが、前記第1レンズの物体側に配置されていることを特徴とする請求項1に記載の結像光学系。

【請求項 3】

明るさ絞りを有する光学系において、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ、物体側に凹面を向けた負屈折力の第2レンズ、像側に凸面を向けた正屈折力の第3レンズ、負屈折力の第4レンズが配置され、前記第1レンズは、ガラスより成り、前記第2レンズと前記第3レンズは接合されていることを特徴とする結像光学系。

【請求項 4】

光学系の開放Fnoと撮像素子の画素間隔をPとするとき、次の条件式を満足することを特徴とする請求項1又は3に記載の結像光学系。

$$0.40 [1/\mu\text{m}] < \text{Fno}/P [\mu\text{m}] < 2.20 [1/\mu\text{m}]$$

【請求項 5】

前記結像光学系の全長をTL、プラスチックレンズにおける最小軸上肉厚をMLとしたとき、次の条件式を満足することを特徴とする請求項1又は3に記載の結像光学系。

$$0.45 < \text{ML}/\text{TL} < 0.100$$

【請求項 6】

接合レンズにおける、接合面の曲率半径をRc、入射側の曲率半径と射出側の曲率半径の平均値をRaveとしたとき、次の条件式を満足することを特徴とする請求項1又は3に記載の結像光学系。

$$-0.30 < \text{Rave}/\text{Rc} < 0.15$$

【書類名】明細書

【発明の名称】結像光学系及びそれを用いた電子機器

【技術分野】

【0001】

本発明はCCDやCMOSなどの固体撮像素子等と組み合わせて用いられる結像光学系に関するものであり、例えばデジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、携帯電話やパソコンに搭載される小型カメラ、監視カメラ等に利用できるものである。また、この結像光学系を用いた、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、携帯電話やパソコン等の電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、銀塩フィルムに代わり、CCDやCMOSのような固体撮像素子を用いて被写体を撮影するようにした電子カメラが普及してきている。このような電子カメラのうち、携帯型コンピュータや携帯電話等に搭載される撮像ユニットでは特に小型、軽量化が求められている。

このような撮像ユニットに用いる結像光学系として、従来からレンズ枚数を1枚～2枚で構成したものがある。しかしながら、このような構成では屈折面数が足りないため、軸上色収差と像面湾曲が両立せず高い性能は望めない。また、非球面形状を用いることで、この問題を回避しようとする、偏心感度が大きくなり製造上困難である。これらの問題を考慮したものとして、3枚または4枚のレンズを用いた光学系がある。従来例としては、次の特許文献に記載された光学系が知られている。

【特許文献1】特開平07-027974号公報

【特許文献2】特開平11-052227号公報

【特許文献3】特開2001-083409号公報

【特許文献4】特開2001-133684号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

上記特許文献1、2または3に記載されている光学系は、レンズ枚数が3枚と少ないことから屈折面の面のパワーが強くなる。そのためレンズ間で偏心があると、その面での光線の入射位置と角度が大きく変化し、性能が著しく劣化する。即ち、性能を確保するためには、非常に高い組立精度が要求されるということである。そのためこれらの文献に示される光学系では組立工数が増加し、低コストを達成することは困難である。また、最も像面側のレンズは正レンズであり、従って、全長が大きく、小型化に向くタイプとは言い難い。

上記特許文献4に記載されている光学系は、レンズ4枚で構成され、負屈折力の第2レンズと正屈折力の第3レンズが接合されている。しかし、最も像側のレンズが、正パワーであり、従って、全長が大きく、これもまた小型化に向くタイプではない。

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は低コスト化、高性能化及び小型化を同時に満たす結像光学系を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明は、明るさ絞りを有する光学系において、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ、物体側に凹を向けた負屈折力の第2レンズ、像側に凸を向けた正屈折力の第3レンズ、負屈折力の第4レンズが配置され、前記第2レンズと前記第3レンズは接合されていることを特徴とする。

【0005】

本発明は、結像光学系の性能と小型化を考慮して、上記のように正屈折力の第1レンズ、負屈折力の第2レンズ、正屈折力の第3レンズ及び負屈折力の第4レンズの4枚レンズにて構成した。ここで、結像光学系を構成するレンズの枚数を5枚以上にすれば、さらに

性能が向上するのは明らかである。しかしながら、レンズが1枚増えることによりレンズの厚さ、レンズの間隔、枠のスペースが大になる。その結果、結像光学系が大型化することは避けられない。また先の「従来の技術」で述べたようにレンズが3枚以下では、光軸上の色収差と像面湾曲の両立が困難である。また、非球面を多用して性能を確保したとしても、偏心感度が大きくなり、製造上困難である。従って、レンズ4枚で結像光学系を構成するのが性能、大きさともに最適である。

また、本発明の結像光学系は、負屈折力の第2レンズと正屈折力の第3レンズを接合レンズにて構成している。これにより、色収差が良好に補正される。また、第2レンズと第3レンズ間の空気間隔をなくすことができるので、全長を短くできる。

また、本発明の結像光学系は、前記第2レンズの物体側の面と前記第3レンズの像側の面の曲率中心を物体側に向けている。このような構成をとることで、接合レンズへの入射光線と射出光線のなす角度、すなわち偏角を小さく保つことができる。その結果、各屈折面における収差の発生量を極力小にすることができる。また、無偏心時の収差の発生量が小であることから、レンズの相対偏心時における性能変動についても極力小にすることが可能となる。

【0006】

また、本発明は、明るさ絞りを有する光学系において、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ、物体側に凹面を向けた負屈折力の第2レンズ、像側に凸面を向けた正屈折力の第3レンズ、負屈折力の第4レンズが配置され、前記負屈折力の第2レンズと正屈折力の第3レンズは接合され、前記明るさ絞りが、正屈折力の第1レンズの物体側に配置されていることを特徴とする。

【0007】

撮像素子に、例えばCCDを用いたとする。この場合、良好な集光性能を維持するためには、撮像素子への光線入射角度を小にする必要がある。そのためには、明るさ絞りを像面から遠い位置に配置することが望ましい。あるいは明るさ絞りの像を、像面から遠い位置に形成することが望ましい。また、明るさ絞りを可動部品で構成すると、Fno.を変化させたり、シャッターの役割を持たせることができる。ただし、この場合、これをレンズとレンズの間に設けるのは、スペースの確保の点で困難である。そこで、本発明の結像光学系は、上記のように明るさ絞りの位置を正屈折力の第1レンズの物体側に配置している。これにより、絞りに多機能を持たせることができる。また、この配置により、テレセントリック性と生産性を重視した光学系を実現できる。

【0008】

本発明の結像光学系は、第4レンズの少なくとも1面が非球面であり、以下の条件式を満足する。

$$-1.0 < \phi_m / \phi_p < 0.25$$

ここで、 ϕ_m は最大光線高の位置におけるレンズのパワー、 ϕ_p は近軸におけるレンズのパワーである。

ここで、最大光線高の位置におけるレンズのパワー ϕ_m を次のように定義するものとする。対称のレンズのレンズ最大光線高 H_m に、物体側の無限遠方から平行光線を入射させ、レンズ通過後の傾き角を ξ としたとき、 $\phi_m = \tan \xi / H_m$ で与えられるものである。

上記結像光学系においては、光学系の全長を小さくするために、第4レンズを負パワーとして配置している。ここで、例えばシェーディングを避けるために、入射角度が限定されるようなCCDを撮像素子に用いたとする。この場合、広角な光学系において、最も像側のレンズが負パワーであると、光線高の大きい位置での光線入射角度を小さく出来ないため、不都合である。従って、最も像面側のレンズにおいて、少なくとも1面を非球面とする。そして、その中心の負のパワーに対し、周辺のパワーを極力小さくするか、もしくは正パワーにする。このようにすることで、光線高の大きい位置での光線を光軸側に大きく屈折させ、像面への光線入射角度を小さくすることが可能となる。ゆえに、最も像面側のレンズにおいて、以下の条件式を満足することが重要である。

$$-1.0 < \phi_m / \phi_p < 0.25$$

ここで、 ϕ_m は最大光線高の位置におけるレンズのパワー、 ϕ_p は近軸におけるレンズのパワーである。

この条件式の下限を下回ると、近軸のパワーが弱くなりすぎて全長が長くなってしまいか、もしくは周辺の正パワーが大きくなりすぎ、著しく周辺性能が劣化してしまう。他方上限を超えると、レンズ周辺の正パワーが小さくなりすぎ、像面への光線入射角の補正が不十分となってしまう。

なお、次の条件式を満たすのが、より良い。

$$-0.5 < \phi_m / \phi_p < 0.20$$

なお、好ましくは次の条件式を満たすのが、更に良い。

$$-0.2 < \phi_m / \phi_p < 0.18$$

【0009】

また、本発明は、明るさ絞りを有する光学系において、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ、物体側に凹面を向けた負屈折力の第2レンズ、像側に凸面を向けた正屈折力の第3レンズ、負屈折力の第4レンズが配置され、前記第1レンズは、ガラスより成り、前記第2レンズと第3レンズは接合されていることを特徴とする。

【0010】

また、結像光学系は、正屈折力の第1レンズの両方の屈折面が球面であることを特徴とする。

光学面を非球面にする場合、研削で製作する方法とモールド成型で製作する方法がある。前者は、非常に工数がかかり、また屈折面にうねりをもたらす。そのため、良好な光学性能が得られない。後者は、成型時の工数はかからない。ただし、モールドの型加工費や型加工時間がかかるため、安価とはいえない。また、従来の研磨球面ほどの面精度は得られず、良好な光学性能を得ることができない。

上記のように第1レンズをガラスレンズで構成すると、低コストの研磨工程で製作することができる。また、球面でのみ構成することで、同様の効果が得られる。また、上記のように構成すると、高い精度のレンズを製作することができる。以上のことから、良好な光学性能を得ることが出来る。

【0011】

ガラスレンズはプラスチックレンズよりも温度や湿度変動に対する屈折率変化および体積変化を受けにくい。従って、第1レンズはガラスにより成るため、第1レンズにパワーを集中させることで、結像光学系全系の性能劣化を抑えることが可能である。そのため、次の条件式を満たすのが良い。

$$0.4 < f / f_1 < 2.0$$

ただし、 f は結像光学系全系の焦点距離、 f_1 は第1レンズの焦点距離である。

この条件式の上限を超えると、第1レンズのパワーが大きくなりすぎ、その他のレンズのパワーを大きくする必要が生じ、収差の発生や偏心感度の増加を招いてしまう。他方、下限を下回ると、第1レンズのパワーが小さくなりすぎ、温度や湿度変動に対して、性能劣化量が大きくなってしまう。

なお、次の条件式を満たすのが、より良い。

$$0.6 < f / f_1 < 1.5$$

なお、次の条件式を満たすのが、更に良い。

$$0.8 < f / f_1 < 1.2$$

【0012】

第2レンズと第3レンズの接合レンズは結像光学系の中に位置し、コマ収差、像面湾曲、非点収差が発生する要因となるレンズである。従って、これらの収差の発生を極力低減させるために、接合レンズへの入射光線と射出光線のなす角度、すなわち偏角を小さく保つことが重要である。また、前記理由により、無偏心時の収差の発生量が小であることから、レンズの相対偏心時における性能変動についても極力小にすることが可能である。

これらの理由から次の条件式を満たすのが良い。

$$0.5 < r_2 f / r_3 r < 4.0$$

ただし、 $r_2 f$ は第2レンズの物体側の曲率半径、 $r_3 r$ は第3レンズの像側の曲率半径である。

この条件式の上限または下限を超えると、偏角が大きくなりすぎ、接合レンズで発生した諸収差を第1レンズおよび第4レンズで補正することが困難となる。そのため、良好な光学性能を得ることが出来ず、かつ偏心感度も大きくなり、製造時の難易度が増加してしまう。

なお、次の条件式を満たすのが、より良い。

$$1.0 < r_2 f / r_3 r < 3.0$$

なお、次の条件式を満たすのが、更に良い。

$$1.3 < r_2 f / r_3 r < 2.5$$

【0013】

本発明の結像光学系は、全長を小さくするために、第1レンズと、第2レンズと第3レンズの接合レンズとの合成パワーを正パワーとし、第4レンズのパワーを負パワーとすることにより、テレフォトタイプの光学系となっている。そのため、このテレフォトタイプの正パワーと負パワー配置に対して、全長と性能をバランスよく達成させる為には、次の条件式を満たすのが良い。

$$0.3 < f_{123} / |f_4| < 2.0$$

$$0.5 < f / |f_4| < 2.0$$

ただし、 f_{123} は第1レンズと、第2レンズと第3レンズとの接合レンズの合成焦点距離、 f_4 は第4レンズの焦点距離、 f は結像光学系全系の焦点距離である。

上記の条件を外れると、テレフォトタイプを構成する正のパワーと負のパワーとのバランスが崩れ、全長の増大や性能が劣化する事となる。すなわち、上記の両式の条件式の上限を超えると、テレフォトタイプを構成する負のパワーが弱くなるので全長短縮に不利である。他方下限を下回ると、テレフォトタイプを構成する負のパワーが強くなりすぎる。そのため、それに伴い正のパワーも強くしなければならず、各レンズで発生する収差が増大となるので、性能を確保するのが困難となる。

なお、次の条件式を満たすのが、より良い。

$$0.4 < f_{123} / |f_4| < 1.5$$

$$0.6 < f / |f_4| < 1.7$$

なお、次の条件式を満たすのが、更に良い。

$$0.5 < f_{123} / |f_4| < 1.0$$

$$0.8 < f / |f_4| < 1.4$$

【0014】

撮像素子にCCDを用いる場合、結像光学系から射出された軸外光束が像面に対してあまりに大きな角度で入射すると、画像中央部と画像周辺部で画像の明るさが変化してしまう、いわゆるシェーディングという現象がおきてしまう。一方、像面に対して小さい角度で入射させるとこの問題は軽減されるが今度は結像光学系の全長が大きくなってしまふ。

そのため、次の条件式を満たすのが良い。

$$0.6 < EXP / f < 2.0$$

ただし、 EXP は像面からの射出瞳までの距離、 f は結像光学系全系の焦点距離である。

この条件式の上限を上回ると、全長が大きくなり、他方、下限を下回ると、CCDへの入射角が大きくなりすぎ画像周辺部の明るさが低下してしまう。

なお、次の条件式を満たすのが、より良い。

$$0.8 < EXP / f < 1.7$$

なお、次の条件式を満たすのが、更に良い。

$$1.0 < EXP / f < 1.4$$

【0015】

また、光学系の開放Fnoと撮像素子の画素間隔をPとするき、次の条件式を満足するが良い。

$$0.40 [1/\mu\text{m}] < F_{\text{no}}/P [\mu\text{m}] < 2.20 [1/\mu\text{m}]$$

この条件式の上限を上回ると、光学系が暗くなり過ぎるか、画素間隔が小さくなり過ぎることにより、1画素あたりの光量が少なくなってしまう。従って、シャッター速度が遅くなり、手ぶれを引き起こしたり、長時間露光によりノイズが増加する原因となる。他方、下限を下回ると、画素間隔が大きくなり過ぎ、高画素な撮像データが得られなくなる。

なお、次の条件式を満たすのが、より良い。

$$0.55 [1/\mu\text{m}] < F_{\text{no}}/P [\mu\text{m}] < 1.50 [1/\mu\text{m}]$$

なお、次の条件式を満たすのが、更に良い。

$$0.77 [1/\mu\text{m}] < F_{\text{no}}/P [\mu\text{m}] < 1.18 [1/\mu\text{m}]$$

【0016】

また、結像光学系の全長をTL、プラスチックレンズにおける最小軸上肉厚をMLとしたとき、次の条件式を満足するのが良い。

$$0.045 < ML/TL < 0.100$$

この条件式の上限を上回ると、全長に対して、プラスチックレンズにおける最小軸上肉厚が大きすぎるために、ガラスレンズの中心肉厚が十分に確保できず、ガラスレンズの加工性が悪化してしまう。他方、下限を下回ると、プラスチックレンズにおける最小軸上肉厚が小さ過ぎることから、成型時にプラスチック樹脂が成型型にスムーズに入り込めず、応力がかかって複屈折の原因になったり、成型に時間がかかり、生産性が悪化してしまう。

なお、次の条件式を満たすのが、より良い。

$$0.055 < ML/TL < 0.085$$

なお、次の条件式を満たすのが、更に良い。

$$0.067 < ML/TL < 0.072$$

【0017】

また、接合レンズにおける、接合面の曲率半径をRc、入射側の曲率半径と射出側の曲率半径の平均値をRaveとしたとき、次の条件式を満足するのが良い。

$$-0.30 < R_{\text{ave}}/R_{\text{c}} < 0.15$$

この条件式の上限を上回ると、接合面の曲率半径が、入射面及び射出面の値に接近し、接合される2つのレンズのパワーが弱くなり過ぎることから、色消しが機能を果たさなくなる。他方、下限が下回ると、逆に、接合される2つのレンズのパワーが強くなり過ぎることから、色収差補正過剰となる。

なお、次の条件式を満たすのが、より良い。

$$-0.20 < R_{\text{ave}}/R_{\text{c}} < 0.10$$

なお、次の条件式を満たすのが、更に良い。

$$-0.12 < R_{\text{ave}}/R_{\text{c}} < 0.06$$

【発明の効果】

【0018】

本願の発明の構成によれば、製造誤差に対する性能劣化が少なく、かつ、小型化しても高性能を有する結像光学系を得ることが可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、本発明に係る結像光学系の実施の形態を図1乃至図4を参照して詳細に説明する。

実施例1

図1は、本発明による結像光学系の第1実施例に係る光学構成を示す光軸に沿った断面図である。

図1において、実施例1の結像光学系は、物体側Aから撮像素子面Pに向かって順に、明るさ絞りS、両凸の第1レンズL11、物体側が凹面で負屈折力の第2レンズL12、像側が凸面で正屈折力の第3レンズL13、物体側に凸のメニスカスで負屈折力の第4レンズL14とフィルター部材FLで構成されている。第2レンズL12と第3レンズL1

3は接合されている。

本実施例では第1レンズL11はガラスで構成されている。第2レンズL12、第3レンズL13及び第4レンズL14はプラスチックで構成されている。第1レンズの両面は球面である。また、第2レンズの物体側、第3レンズの像側、第4レンズの両面は非球面である。パワーの強い第1レンズL11に両球面研磨ガラスを用いることで、環境変動に強い結像光学系を達成している。また、ここで用いるプラスチック材料としては第2レンズL12及び第4レンズL14にはポリカーボネートを使用し、正屈折力の第3レンズL13にはポリオレフィン系のゼオネックスを用いる。また本実施例の結像光学系は、焦点距離4.65mm、Fナンバー2.8、像高HT=3.0mmであり、半画角 $\omega=33^\circ$ の広角の結像光学系である。

光学系の像面には、1/3インチ、130万画素（画素間隔3.6 μ m）の撮像素子が配置されている。

【0020】

次に、第1実施例の結像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

なお、第1実施例の数値データにおいて、 r_1 、 r_2 …は各レンズ面の曲率半径、 d_1 、 d_2 、…は各レンズの肉厚又は空気間隔、 n_{d1} 、 n_{d2} 、…は各レンズのd線での屈折率、 ν_{d1} 、 ν_{d2} 、…は各レンズのアッベ数、Fno. はFナンバー、fは全系焦点距離を表している。 r 、 d 、 f の単位はmmである。

なお、非球面形状は、光軸方向を z 、光軸に直交する方向を y にとり、円錐係数を K 、非球面係数を A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} としたとき、次の式で表される。

$$z = (y^2/r) / [1 + \{1 - (1+K)(y/r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

なお、これらの記号は後述の他の実施例の数値データにおいても共通である。

【0021】

数値データ1

(実施例1:図1)

焦点距離 $f=4.65$ mm、Fno.=2.8、像高HT=3.0mm、
半画角 $\omega=33^\circ$ 、物体距離 $=\infty$

$r_1=\infty$ (絞り)

$d_1=0.00$

$r_2=2.68$

$d_2=0.90$ $n_{d2}=1.5163$ $\nu_{d2}=64.1$

$r_3=-21.36$

$d_3=0.77$

$r_4=-1.96$ (非球面; 第4面)

$d_4=0.50$ $n_{d4}=1.5839$ $\nu_{d4}=30.2$

$r_5=-30.60$

$d_5=1.47$ $n_{d5}=1.5091$ $\nu_{d5}=56.2$

$r_6=-1.18$ (非球面; 第6面)

$d_6=0.05$

$r_7=2.21$ (非球面; 第7面)

$d_7=0.65$ $n_{d7}=1.5839$ $\nu_{d7}=30.2$

$r_8=1.03$ (非球面; 第8面)

$d_8=1.16$

$r_9=\infty$

$d_9=1.00$ $n_{d9}=1.5163$ $\nu_{d9}=64.1$

$r_{10}=\infty$

$d_{10}=0.50$

$r_{11}=\infty$ (撮像面)

【0022】

非球面係数第4面

$$K = -6.2276$$

$$A_2 = 0$$

$$A_4 = -7.2439 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 3.0016 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -3.716 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = -1.4490 \times 10^{-4}$$

第6面

$$K = -3.8561$$

$$A_2 = 0$$

$$A_4 = -5.6955 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 2.3202 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -3.6193 \times 10^{-3}$$

$$A_{10} = 3.8559 \times 10^{-4}$$

第7面

$$K = -8.5014$$

$$A_2 = 0$$

$$A_4 = -3.7239 \times 10^{-3}$$

第8面

$$K = -5.0721$$

$$A_2 = 0$$

$$A_4 = -1.3207 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 4.3425 \times 10^{-4}$$

【0023】

実施例2

図2は、本発明による結像光学系の第2実施例に係る光学構成を示す光軸に沿った断面図である。

図2において、実施例2の結像光学系は、物体側Aから撮像素子面Pに向かって順に、明るさ絞りS、両凸の第1レンズL21、物体側が凹面で負屈折力の第2レンズL22、像側が凸面で正屈折力の第3レンズL23、物体側に凸のメニスカスで負屈折力の第4レンズL24とフィルター部材FLで構成されている。第2レンズL22と第3レンズL23は接合されている。

本実施例では第1レンズL21はガラスで構成されている。第2レンズL22、第3レンズL23及び第4レンズL24はプラスチックで構成されている。

第1レンズの両面は球面である。また、第2レンズの物体側、第3レンズの像側、第4レンズの両面は非球面である。パワーの強い第1レンズL21に両球面研磨ガラスを用いることで、環境変動に強い光学系を達成している。また、ここで用いるプラスチック材料としては第2レンズL22及び第4レンズL24にはポリカーボネートを使用し、第3レンズL23にはポリオレフィン系のゼオネックスを用いる。また、本実施例のスペックは、焦点距離4.62mm、Fナンバー2.8、像高HT=3.0mm、半画角 $\omega = 33^\circ$ の広角の結像光学系である。

光学系の像面には、1/3インチ、200万画素（画素間隔3.0 μ m）の撮像素子が配置されている。

【0024】

数値データ2

(実施例2：図2)

焦点距離 $f = 4.62\text{mm}$ 、 $F_{\text{No.}} = 2.8$ 、像高 $HT = 3.0\text{mm}$ 、

半画角 $\omega = 33^\circ$ 、物体距離 $= \infty$

$r_1 = \infty$ (絞り)

$d_1 = 0.00$

$r_2 = 2.85$

$d_2 = 0.89$

$n_{d2} = 1.5163$

$\nu_{d2} = 64.1$

$r_3 = -20.08$

$d_3 = 0.67$

$r_4 = -2.42$ (非球面；第4面)

$d_4 = 0.50$

$n_{d4} = 1.5839$

$\nu_{d4} = 30.2$

$r_5 = 23.95$

$d_5 = 1.57$

$n_{d5} = 1.5091$

$\nu_{d5} = 56.2$

$r_6 = -1.24$ (非球面; 第 6 面)
 $d_6 = 0.05$
 $r_7 = 1.66$ (非球面; 第 7 面)
 $d_7 = 0.49$ $n_{d7} = 1.5839$ $\nu_{d7} = 30.2$
 $r_8 = 0.89$ (非球面; 第 8 面)
 $d_8 = 1.33$
 $r_9 = \infty$
 $d_9 = 1.00$ $n_{d9} = 1.5163$ $\nu_{d9} = 64.1$
 $r_{10} = \infty$
 $d_{10} = 0.50$
 $r_{11} = \infty$ (撮像面)

【0025】

非球面係数

第 4 面

$K = -8.6660$
 $A_2 = 0$ $A_4 = -5.9446 \times 10^{-2}$ $A_6 = 2.3227 \times 10^{-2}$
 $A_8 = -4.5130 \times 10^{-3}$ $A_{10} = 7.0562 \times 10^{-4}$

第 6 面

$K = -4.2776$
 $A_2 = 0$ $A_4 = -5.2010 \times 10^{-2}$ $A_6 = 1.8759 \times 10^{-2}$
 $A_8 = -3.3248 \times 10^{-3}$ $A_{10} = 4.0585 \times 10^{-4}$

第 7 面

$K = -5.6700$
 $A_2 = 0$ $A_4 = -9.5173 \times 10^{-3}$

第 8 面

$K = -3.7822$
 $A_2 = 0$ $A_4 = -1.2552 \times 10^{-2}$ $A_6 = 2.3741 \times 10^{-4}$

【0026】

実施例 3

図 3 は、本発明による結像光学系の第 3 実施例に係る光学構成を示す光軸に沿った断面図である。

図 3 において、実施例 3 の結像光学系は、物体側 A から撮像素子面 P に向かって順に、明るさ絞り S、両凸の第 1 レンズ L 3 1、物体側が凹面で負屈折力の第 2 レンズ L 3 2、像側が凸面で正屈折力の第 3 レンズ L 3 3、物体側に凸のメニスカスで負屈折力の第 4 レンズ L 3 4 とフィルター部材 F L で構成されている。第 2 レンズ L 3 2 と第 3 レンズ L 3 3 は接合されている。

本実施例では第 1 レンズ L 3 1 はガラスで構成されている。第 2 レンズ L 3 2、第 3 レンズ L 3 3 及び第 4 レンズ L 3 4 はプラスチックで構成されている。第 1 レンズの両面は球面である。また、第 2 レンズの物体側、第 3 レンズの像側、第 4 レンズの両面は非球面である。パワーの強い第 1 レンズ L 3 1 に両球面研磨ガラスを用いることで、環境変動に強い光学系を達成している。また、ここで用いるプラスチック材料としては第 2 レンズ L 3 2 及び第 4 レンズ L 3 4 にはポリカーボネートを使用し、第 3 レンズ L 3 3 にはポリオレフィン系のゼオネックスを用いる。また、本実施例のスペックは、焦点距離 4.57 mm、F ナンバー 2.4、像高 H T = 3.0 mm であり、半画角 $\omega = 33^\circ$ の広角の結像光学系である。

光学系の像面には、1/3 インチ、300 万画素（画素間隔 2.4 μm ）の撮像素子が配置されている。

【0027】

数値データ 3

(実施例 3: 図 3)

焦点距離 $f = 4.57 \text{ mm}$ 、 $Fno. = 2.8$ 、像高 $HT = 3.0 \text{ mm}$ 、
半画角 $\omega = 33^\circ$ 、物体距離 $= \infty$

$r_1 = \infty$ (絞り)

$d_1 = 0.00$

$r_2 = 3.16$

$d_2 = 0.92$ $n_{d2} = 1.5831$ $\nu_{d2} = 59.4$

$r_3 = -30.42$

$d_3 = 0.62$

$r_4 = -2.55$ (非球面; 第4面)

$d_4 = 0.50$ $n_{d4} = 1.5839$ $\nu_{d4} = 30.2$

$r_5 = 17.65$

$d_5 = 1.60$ $n_{d5} = 1.5091$ $\nu_{d5} = 56.2$

$r_6 = -1.32$ (非球面; 第6面)

$d_6 = 0.05$

$r_7 = 1.54$ (非球面; 第7面)

$d_7 = 0.48$ $n_{d7} = 1.5839$ $\nu_{d7} = 30.2$

$r_8 = 0.88$ (非球面; 第8面)

$d_8 = 1.34$

$r_9 = \infty$

$d_9 = 1.00$ $n_{d9} = 1.5163$ $\nu_{d9} = 64.1$

$r_{10} = \infty$

$d_{10} = 0.50$

$r_{11} = \infty$ (撮像面)

【0028】

非球面係数

第4面

$K = -1.1792$

$A_2 = 0$

$A_4 = -6.7015 \times 10^{-2}$

$A_6 = 2.9979 \times 10^{-2}$

$A_8 = -6.3844 \times 10^{-3}$

$A_{10} = 8.1531 \times 10^{-4}$

第6面

$K = -4.4150$

$A_2 = 0$

$A_4 = -4.5570 \times 10^{-2}$

$A_6 = 1.4393 \times 10^{-2}$

$A_8 = -2.2759 \times 10^{-3}$

$A_{10} = 3.0507 \times 10^{-4}$

第7面

$K = -4.3210$

$A_2 = 0$

$A_4 = -1.2167 \times 10^{-2}$

第8面

$K = -3.4003$

$A_2 = 0$

$A_4 = -1.3540 \times 10^{-2}$

$A_6 = 6.7047 \times 10^{-5}$

【0029】

実施例4

図4は、本発明による結像光学系の第4実施例に係る光学構成を示す光軸に沿った断面図である。

図4において、実施例4の結像光学系は、物体側Aから撮像素子面Pに向かって順に、明るさ絞りS、両凸の第1レンズL41、物体側が凹面で負屈折力の第2レンズL42、像側が凸面で正屈折力の第3レンズL43、物体側に凸のメニスカスで負屈折力の第4レンズL44とフィルター部材FLで構成されている。第2レンズL42と第3レンズL43は接合されている。

本実施例では全てのレンズがプラスチックで構成されている。第1レンズの両面は球面である。また、第2レンズの物体側、第3レンズの像側、第4レンズの両面は非球面であ

る。パワーの強い第1レンズL41に両球面研磨ガラスを用いることで、環境変動に強い光学系を達成している。

ここで用いているプラスチック材料は第2レンズ及び第4レンズがポリカーボネート、第1レンズ及び第3レンズがポリオレフィン系のゼオネックスである。また本実施例のスペックは、焦点距離4.79mm、Fナンバー2.8、像高HT=3.0mmであり、半画角 $\omega=32^\circ$ の広角の結像光学系である。

光学系の像面には、1/3インチ、130万画素（画素間隔 $3.6\mu\text{m}$ ）の撮像素子が配置されている。

【0030】

数値データ4

(実施例4:図4)

焦点距離 $f = 4.79\text{mm}$ 、 $F_{\text{No.}} = 2.8$ 、像高 $HT = 3.0\text{mm}$ 、

半画角 $\omega = 32^\circ$ 、物体距離 $= \infty$

$r_1 = \infty$ (絞り)

$d_1 = 0.00$

$r_2 = 2.55$

$d_2 = 0.93$ $n_{d2} = 1.5091$ $\nu_{d2} = 56.2$

$r_3 = -21.90$

$d_3 = 0.81$

$r_4 = -1.95$ (非球面; 第4面)

$d_4 = 0.50$ $n_{d4} = 1.5839$ $\nu_{d4} = 30.2$

$r_5 = 508.05$

$d_5 = 1.46$ $n_{d5} = 1.5091$ $\nu_{d5} = 56.2$

$r_6 = -1.17$ (非球面; 第6面)

$d_6 = 0.05$

$r_7 = 2.31$ (非球面; 第7面)

$d_7 = 0.67$ $n_{d7} = 1.5839$ $\nu_{d7} = 30.2$

$r_8 = 1.01$ (非球面; 第8面)

$d_8 = 1.08$

$r_9 = \infty$

$d_9 = 1.00$ $n_{d9} = 1.5163$ $\nu_{d9} = 64.1$

$r_{10} = \infty$

$d_{10} = 0.50$

$r_{11} = \infty$ (撮像面)

【0031】

非球面係数

第4面

$K = -9.3675$

$A_2 = 0$

$A_4 = -1.1587 \times 10^{-1}$

$A_6 = 7.6878 \times 10^{-2}$

$A_8 = -2.9460 \times 10^{-2}$

$A_{10} = 5.0577 \times 10^{-3}$

第6面

$K = -3.9196$

$A_2 = 0$

$A_4 = -5.8984 \times 10^{-2}$

$A_6 = 2.6782 \times 10^{-2}$

$A_8 = -4.0895 \times 10^{-3}$

$A_{10} = 3.6299 \times 10^{-4}$

第7面

$K = -1.3717$

$A_2 = 0$

$A_4 = -2.5298 \times 10^{-3}$

第8面

$K = -5.8628$

$A_2 = 0$

$A_4 = -1.4946 \times 10^{-2}$

$A_6 = 6.1189 \times 10^{-4}$

【0032】

本発明の実施例においては一部又は全部のレンズをプラスチックにて構成している。ただし、プラスチックの代わりにガラスで構成することもできる。結像光学系のレンズをガラスで構成すれば、温度や湿度の変動に強い結像光学系を達成させることが出来る。また本実施例で用いている材料よりも屈折率の高いガラスを用いれば、さらに高性能な結像光学系にすることが可能である。また特殊低分散ガラスを用いれば色収差の補正にとって有効である。またレンズをプラスチックにて構成する場合には、低吸湿材料を用いることにより、環境変化による性能の劣化を軽減し得る。

【0033】

またゴースト、フレア等の不要光をカットするために、明るさ絞りSの代わりにフレア絞りをを用いても良い。このフレア絞りは、第1レンズの前、第1レンズと第2レンズの間、第2レンズと第3レンズの間、第3レンズと第4レンズの間、第4レンズから撮像素子面の間のいずれの場所に配置しても良い。このフレア絞りとしての作用を持たせるためには、枠によりフレア光線をカットする方法でも良い。また、別の部材を設けることによって、フレア光線をカットする方法でも、いずれでもよい。また結像光学系に直接印刷したり、塗装したり、シールなどを接着することにより、フレア絞りを構成しても良い。また絞りの形状として、円形、楕円形、矩形、多角形、関数曲線で囲まれる範囲等、いかなる形状でも用いることができる。また、これは、有害な光束をカットするだけでなく画面周辺のコマフレア等の光束をカットするものでも良い。

【0034】

また各レンズには反射防止コートを行い、ゴースト、フレアを軽減してもよい。マルチコートを用いれば効果的にゴースト、フレアを軽減できる。また、レンズ面やカバーガラスなどに、赤外カットコートを行っても良い。

また、ピント調節を行うためにフォーカシングを行っても良い。フォーカシング方法として、レンズ系全体の繰り出し、一部レンズの繰り出し、もしくは繰り込みがある。

【0035】

またCCDのマイクロレンズをシフトすることにより画像周辺部の明るさ低下を軽減させても良い。例えば、各像高における光線の入射角に合わせてCCDのマイクロレンズの設計を変えても良い。また画像処理により画像周辺部の低下量の補正を行ってもよい。また、図示はしていないが、本発明の結像光学系は、フィルムやCCDを記録部材とするカメラ、あるいは携帯電話、携帯型情報入力端末等の光学装置に適している。よって、上記の光学系を備えた光学装置も、本発明として含まれる。

【0036】

上記実施例1～4について上記の条件式により計算した数値の表を以下に示す。
条件式計算表

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
$\phi m / \phi p$	-0.11	0.13	0.14	-0.14
f / f_1	1.00	0.95	0.92	1.06
$r2f / r3r$	1.66	1.95	1.94	1.66
$f_{123} / f_4 $	0.77	0.73	0.68	0.85
$f / f_4 $	1.12	1.08	0.96	1.26
EXP / f	1.26	1.29	1.29	1.17
$Fno / P [\mu m]$	0.78	0.93	1.17	0.78
ML / TL	0.071	0.070	0.068	0.071
$Rave / Rc$	0.051	-0.076	-0.110	-0.003

【0037】

図9は撮像光学系に本発明の結像光学系を含んだデジタルカメラの外観を示す前側斜視図、図10は撮像光学系に本発明の結像光学系を含んだデジタルカメラの外観を示す後側斜視図である。図において、1は撮影光路2を有する撮影光学系、3はファインダー用光路4を有するファインダー光学系、5はシャッター釦、6はフラッシュ、7は液晶表示モニターである。また、カメラの上部に配置されたシャッター釦5を押すと、それに連動して撮影光学系1を通して撮影が行われるようになっている。

【0038】

図11(a)は撮像光学系に本発明の結像光学系を含んだ携帯電話の一例の正面図、図11(b)は同側面図である。図中、10はマイク部、11はスピーカ部、12は入力ダイヤル、13はモニター、14は撮影光学系、15は通信電波の送信と受信を行うアンテナである。マイク部10は操作者の声を情報として入力し、スピーカ部11は通話相手の声を出力する。入力ダイヤル12は操作者が情報を入力するのに用いられ、モニター13は操作者自身や通話相手等の撮映像と電話番号等の情報を表示する。アンテナ15は通信電波の送信と受信を行なう。

撮影光学系14は、撮影光路16上に配置された本発明の結像光学系と、像を受光する撮像素子とを有し、これらは携帯電話に内蔵されている。撮像素子の前面にはIRカットフィルターが設けられ、また、撮影光学系14の先端には該光学系を保護するためのカバーガラスが配置されている。撮像素子で受光された物体像は、携帯電話に内蔵された図示しない処理手段に入力され、電子画像としてモニター13に、または、通信相手のモニターに、または、その両方に表示される。また、通信相手に画像を送信する場合には、上記処理手段に含まれる信号処理機能により、撮像素子で受光された物体像の情報が送信可能な信号へ変換されるようになっている。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】本発明による結像光学系の第1実施例に係る光学構成を示す光軸に沿った断面図である。

【図2】本発明による結像光学系の第2実施例に係る光学構成を示す光軸に沿った断面図である。

【図3】本発明による結像光学系の第3実施例に係る光学構成を示す光軸に沿った断面図である。

【図4】本発明による結像光学系の第4実施例に係る光学構成を示す光軸に沿った断面図である。

【図5】本発明による結像光学系の第1実施例に係る球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図6】本発明による結像光学系の第2実施例に係る球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図7】本発明による結像光学系の第3実施例に係る球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図8】本発明による結像光学系の第4実施例に係る球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図9】本発明の結像光学系を用いたデジタルカメラの概略構成を示す前側斜視図である。

【図10】本発明の結像光学系を用いたデジタルカメラの概略構成を示す後側斜視図である。

【図11】(a)は、本発明の結像光学系を用いた携帯電話の概略構成を示す正面図、(b)は、同側面図である。

【符号の説明】

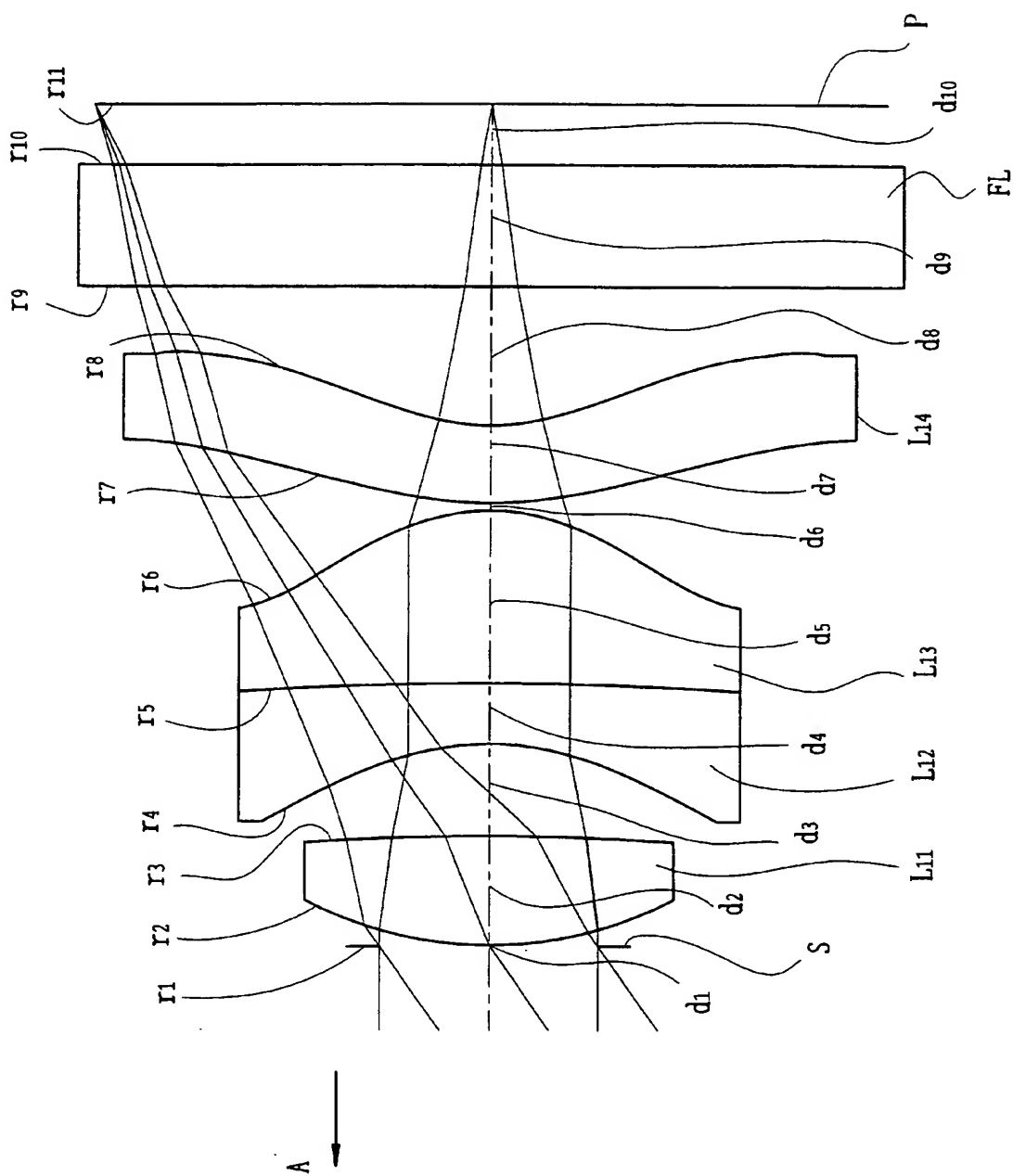
【0040】

S 明るさ絞り
FL フィルター

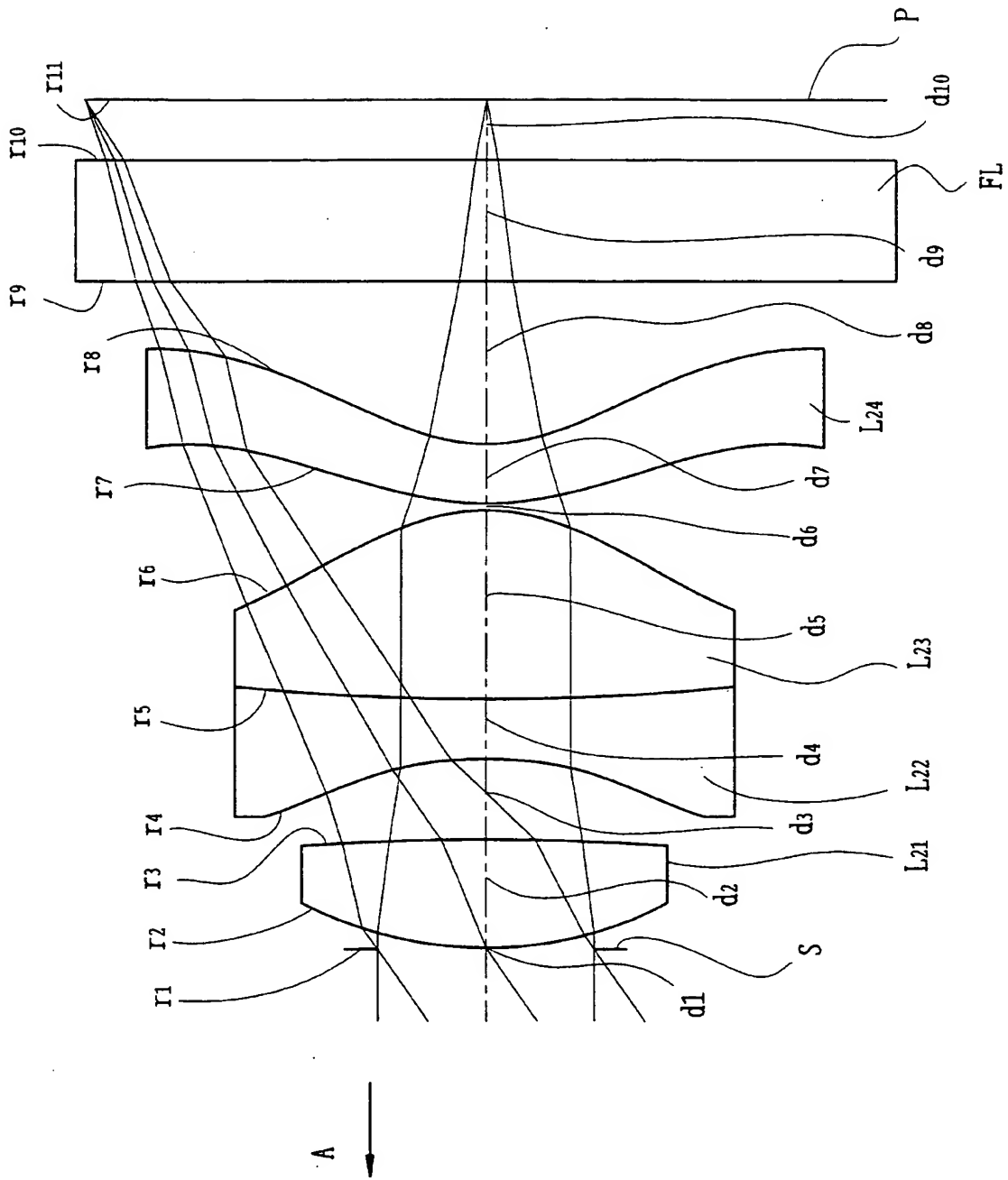
P	撮像素子面
L 1 1、L 2 1、L 3 1、L 4 1	正屈折力の第 1 レンズ
L 1 2、L 2 2、L 3 2、L 4 2	負屈折力の第 2 レンズ
L 1 3、L 2 3、L 3 3、L 4 3	正屈折力の第 3 レンズ
L 1 4、L 2 4、L 3 4、L 4 4	負屈折力の第 4 レンズ
1, 1 4	撮影光学系
2, 1 6	撮影光路
3	ファインダー光学系
4	ファインダー用光路
5	シャッター鉤
6	フラッシュ
7	液晶表示モニター
1 0	マイク部
1 1	スピーカ部
1 2	入力ダイヤル
1 3	モニター
1 5	アンテナ

【書類名】 図面

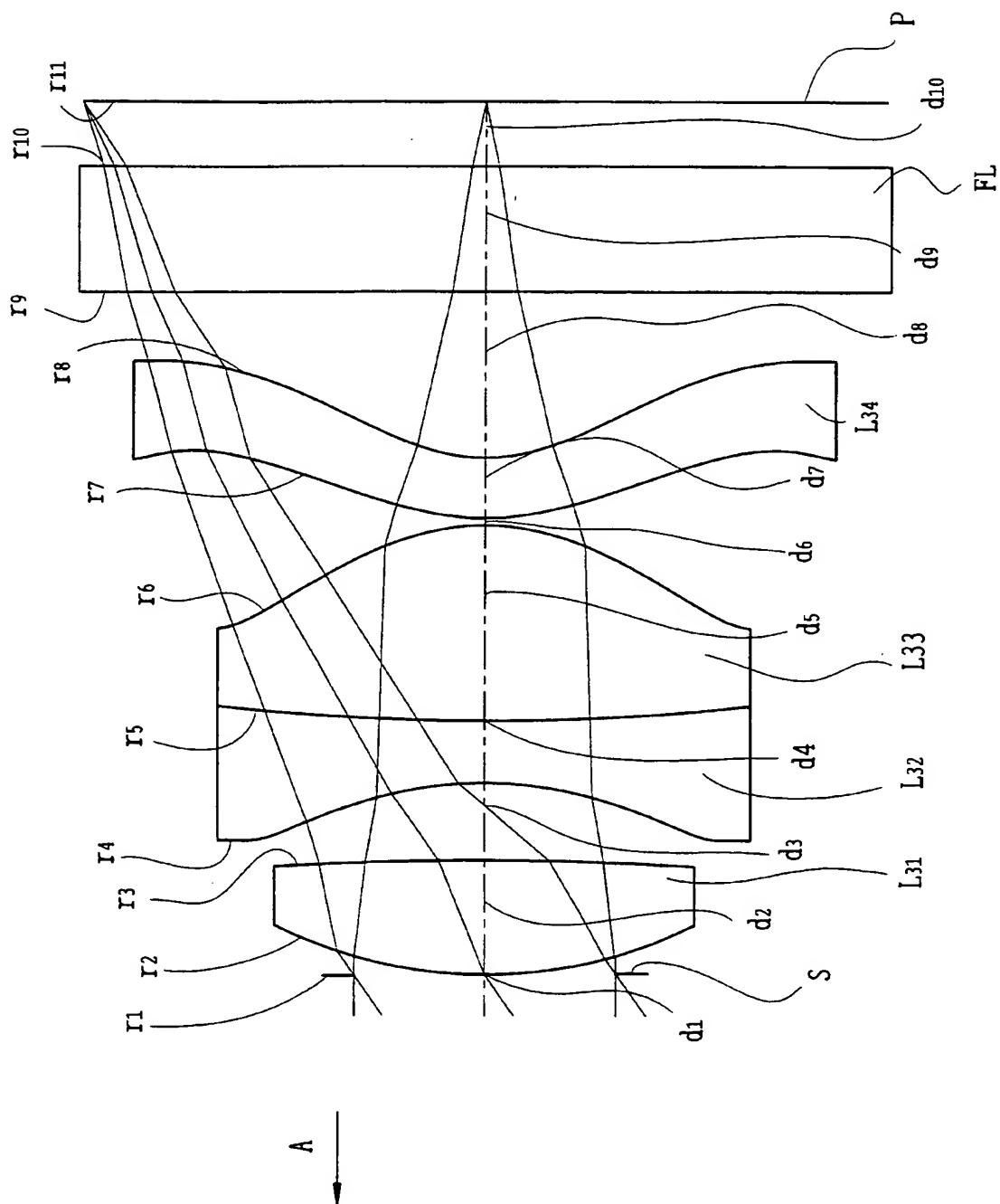
【図 1】



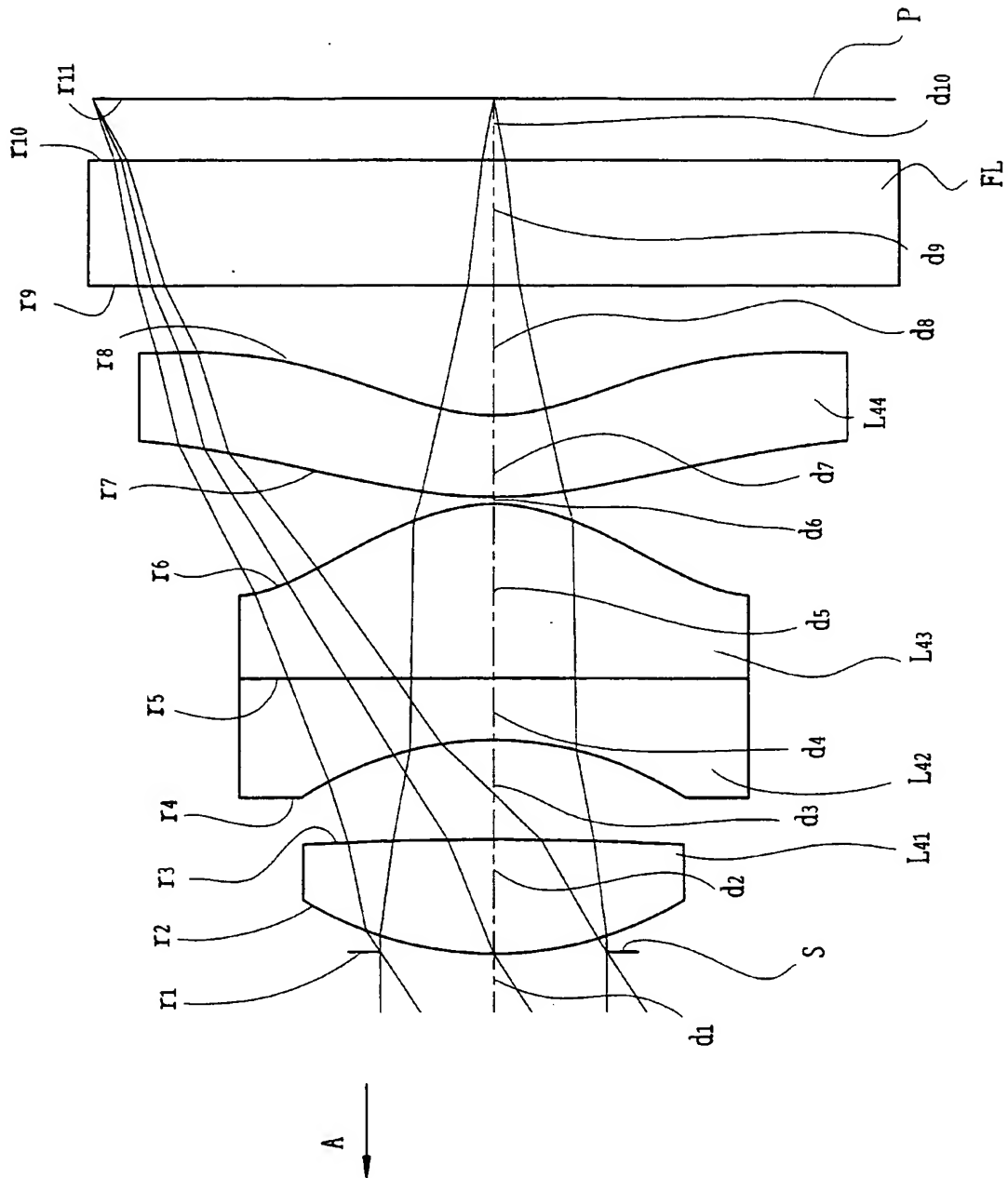
【図 2】



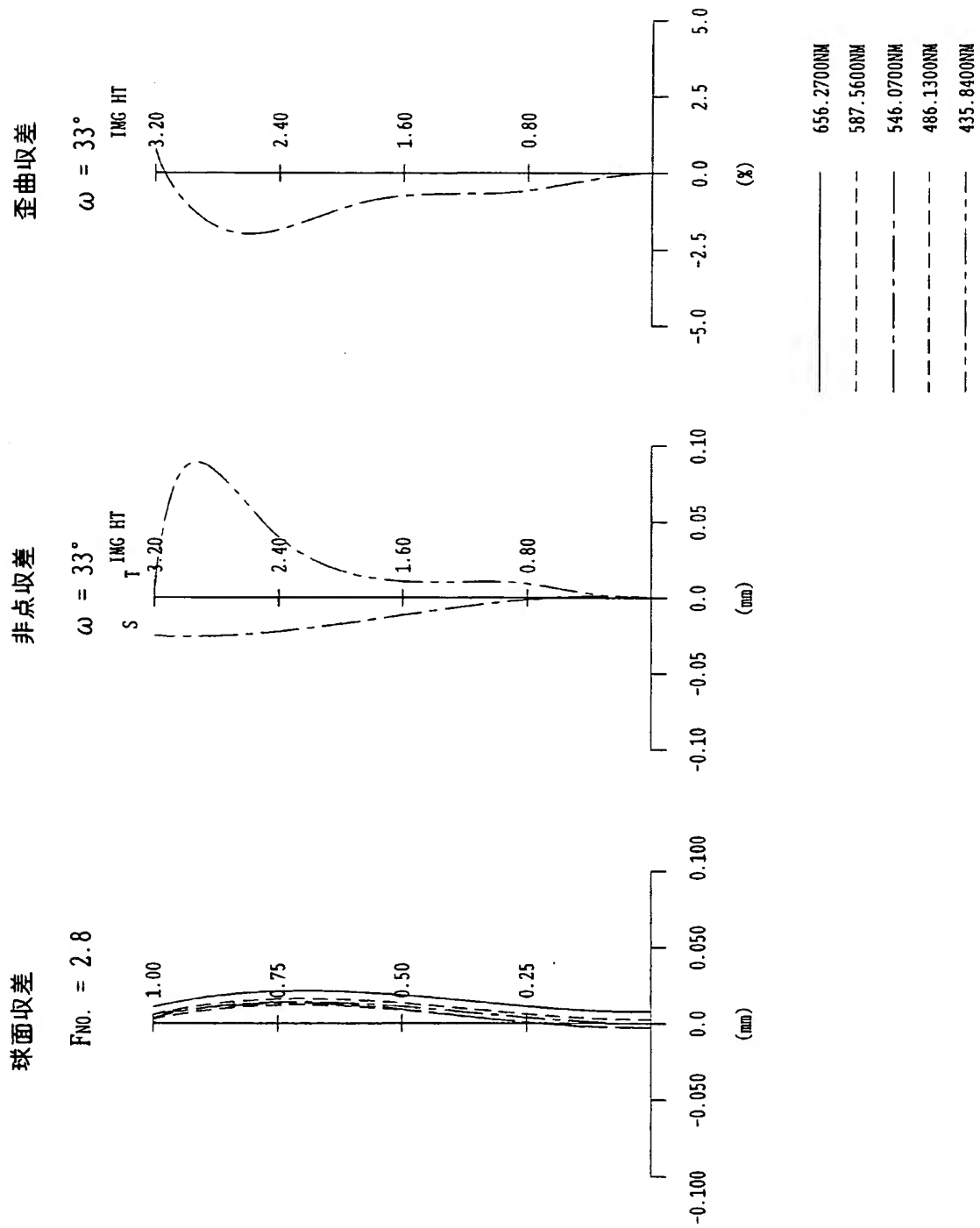
【図 3】



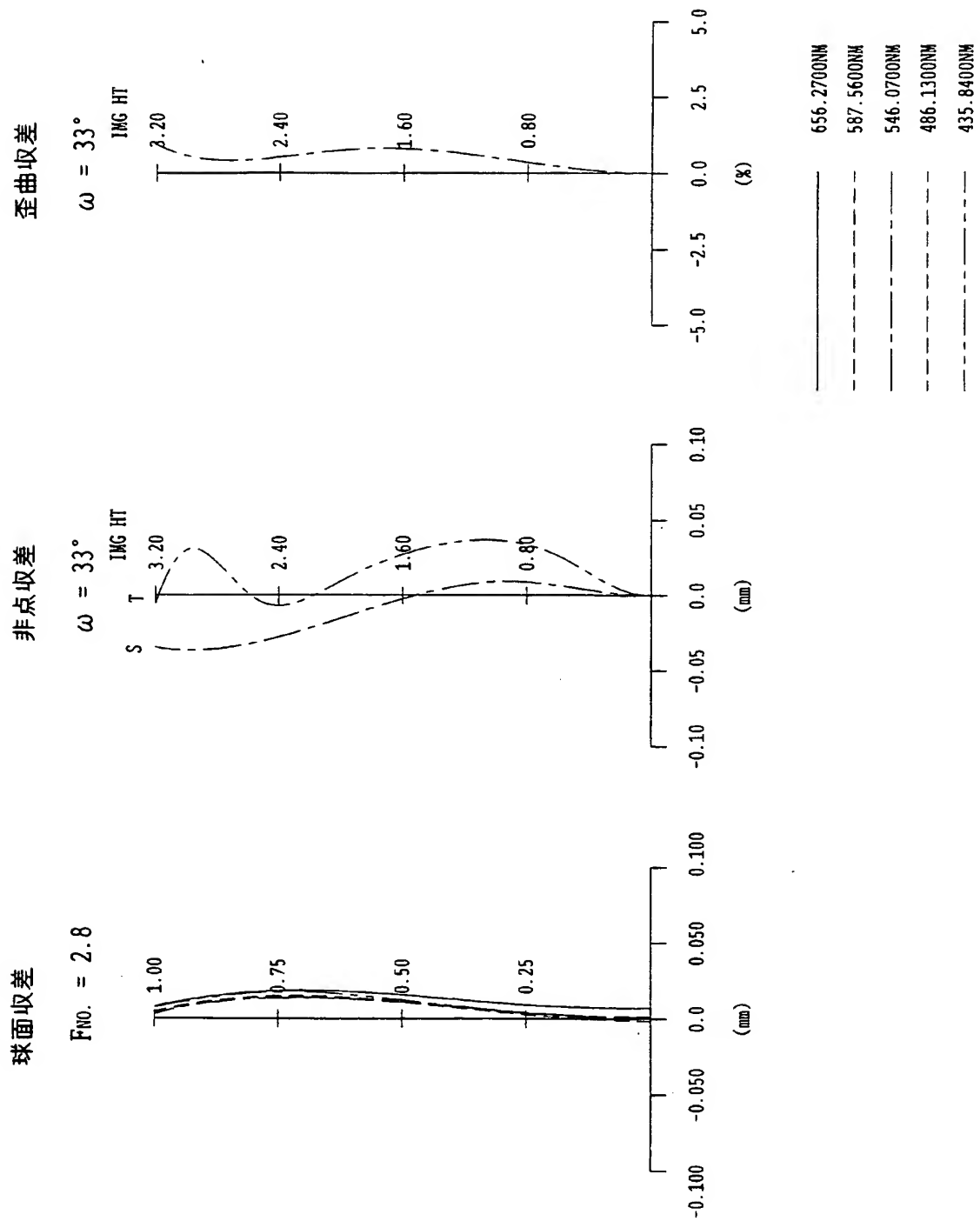
【図 4】



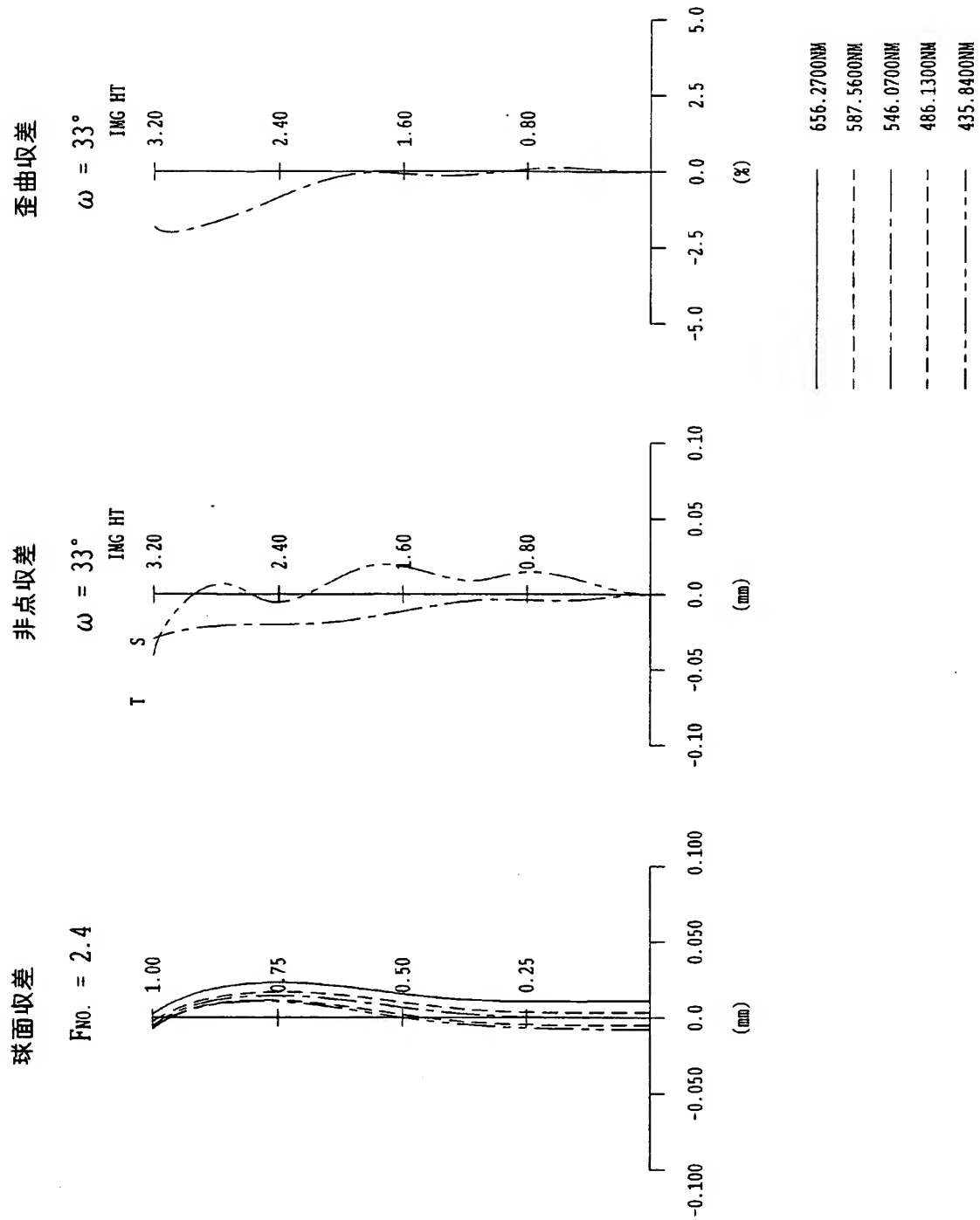
【図 5】



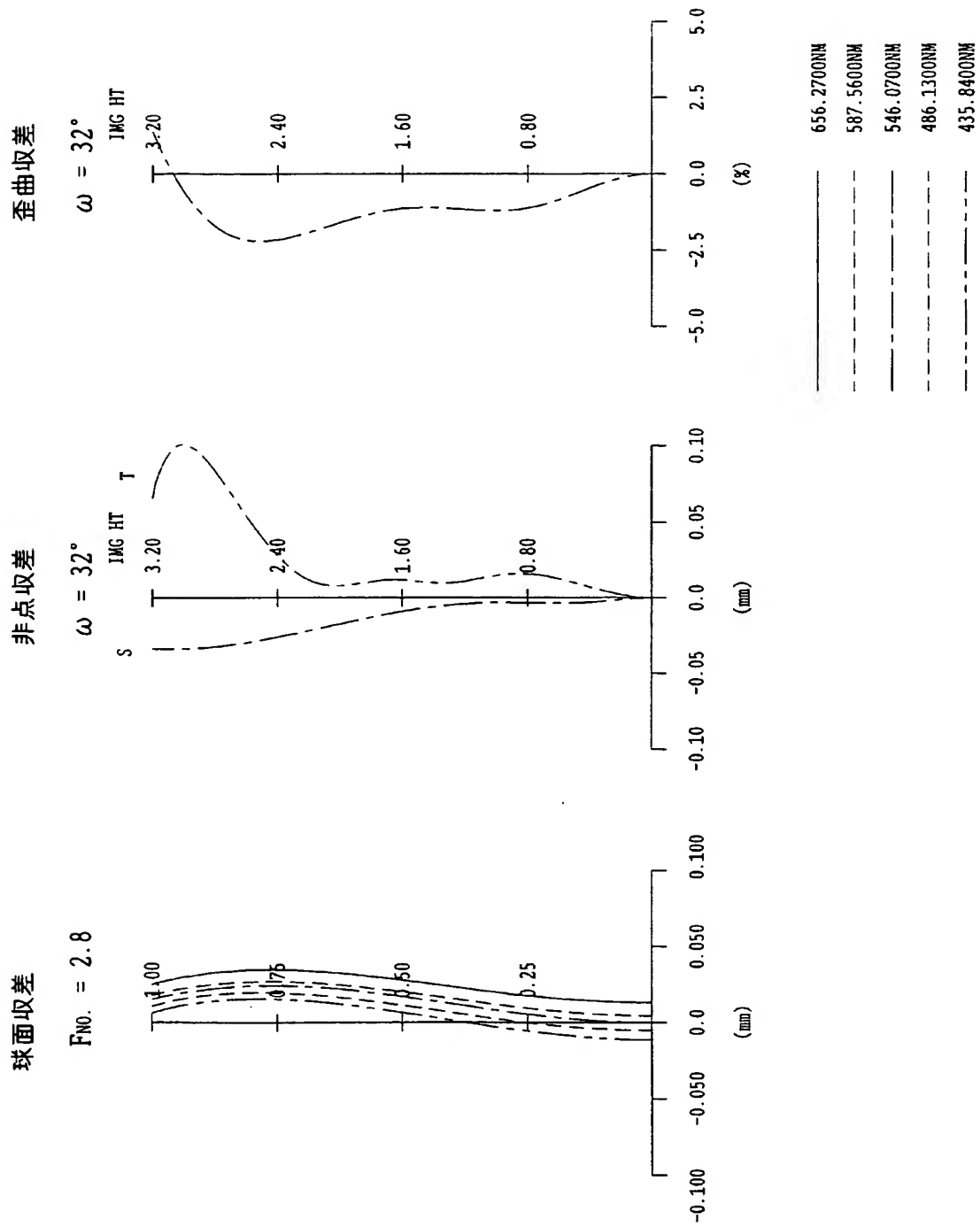
【図 6】



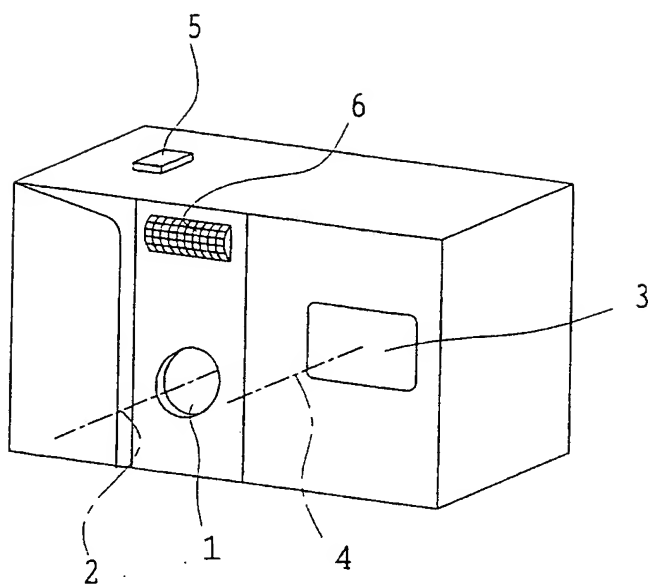
【図 7】



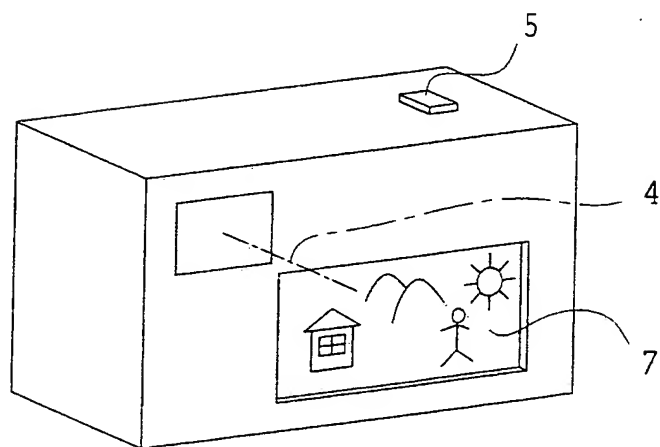
【図 8】



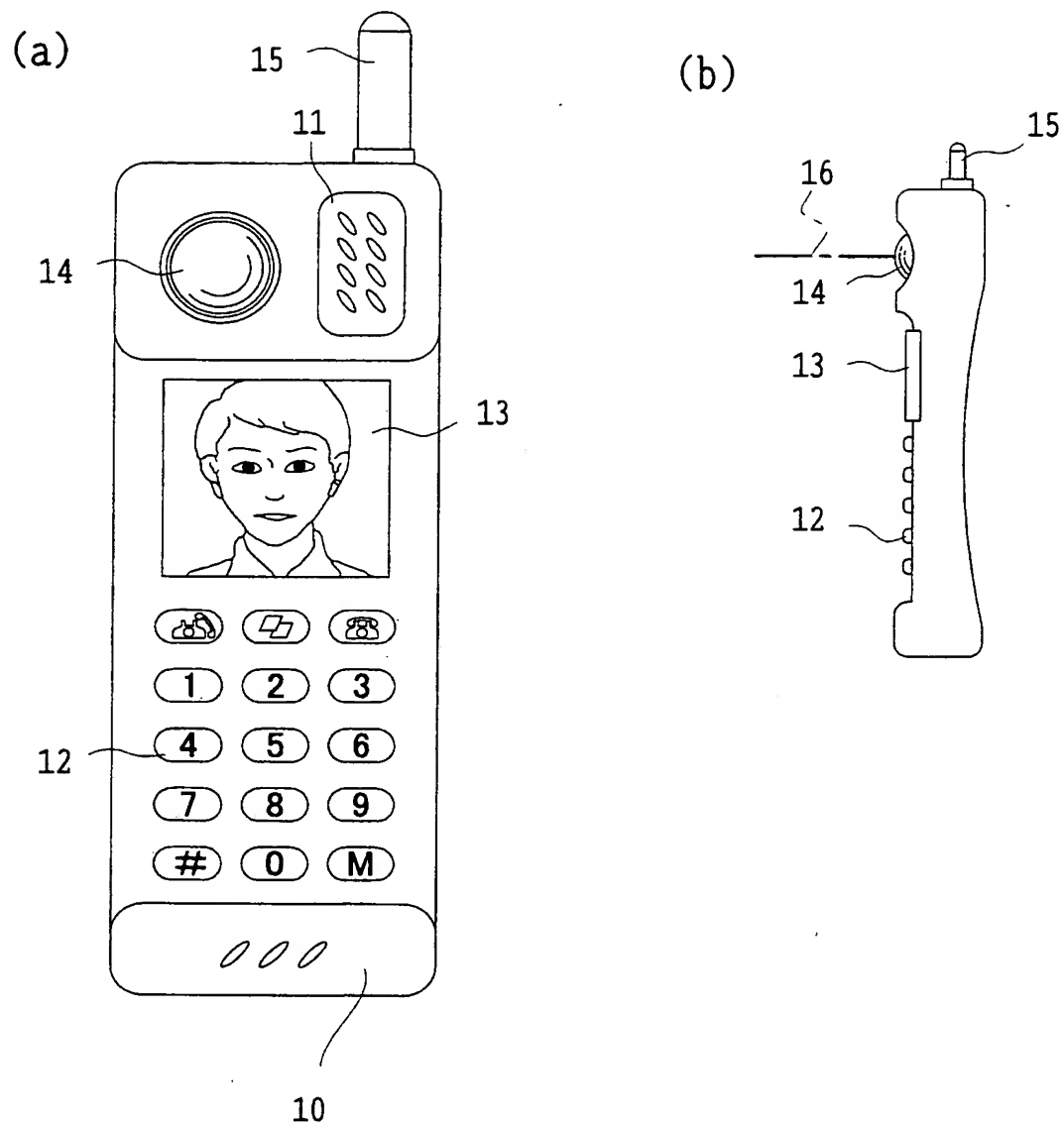
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 本発明は、低コスト化、高性能化及び小型化を同時に満たす結像光学系を提供する。

【解決手段】 本発明の結像光学系は、明るさ絞り S を有する光学系において、物体側から順に、正屈折力の第 1 レンズ L 1 1、物体側に凹を向けた負屈折力の第 2 レンズ L 1 2、像側に凸を向けた正屈折力の第 3 レンズ L 1 3、負屈折力の第 4 レンズ L 1 4 の順に配置し、前記第 2 レンズ L 1 2 と第 3 レンズ L 1 3 は接合していることを特徴とする。この構成により接合レンズへの入射光線と射出光線のなす角度を小さく保ち、屈折面における収差の発生量やレンズの相対偏心時における性能変動を極力小にすることができる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 4 - 1 1 1 9 8 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 0 3 7 6]

1. 変更年月日

2 0 0 3 年 1 0 月 1 日

[変更理由]

名称変更

住 所

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号

氏 名

オリンパス株式会社